

det werden und auch durch ihre Verwendung zum größten Teil unwiederbringlich verloren gehen – also im Gegensatz stehen etwa zu den Metallen, die, wenn wirklich gewünscht, zum größten Teil immer wieder verwendet werden können.

Wenn man von der Nutzung pflanzlicher Ausgangsmaterialien zur Erzeugung von Kohlenwasserstoffen absieht – eine Möglichkeit, die zwar keine technischen Probleme mehr mit sich bringt, wohl aber wirtschaftliche – so haben die zitierten pessimistischen Stimmen grundsätzlich durchaus recht. Aber praktisch sind die verfügbaren Mengen der Kohlenwasserstoffe unserer Erde von einer solchen Dimension, daß sich ihr derzeitiger und vorhersehbarer Verbrauch nicht grundsätzlich hinsichtlich verfügbarer Mengen auswirkt, sondern nur hinsichtlich des Aufwandes, der notwendig ist, sie zu produzieren. Vorläufig haben wir immer nur die ganz besonders günstigen Vorkommen in Produktion genommen, sozusagen die, die uns von der Natur auf einer silbernen Schüssel präsentiert werden, unter günsti-

gen Produktionsbedingungen, in günstiger Verkehrslage, schließlich auch unter günstigen wirtschaftlichen und politischen Voraussetzungen. Beziehen wir allein die schon bekannten Möglichkeiten ein, bei denen die eine oder andere Voraussetzung nicht so günstig ist, also zum Beispiel der Ort – etwa die Arktis oder Nord-sibirien – oder die Produktionssituation – etwa nicht nur Vorkommen mit frei fließendem Erdöl sondern auch Ölschiefer – so kommen wir zu Größenordnungen bereits bekannter Vorkommen, die uns überhaupt erst am Anfang des Kohlenwasserstoffzeitalters stehen lassen. Von den bisher noch nicht erkannten Möglichkeiten – und die menschliche Ingeniosität ist sehr groß – noch ganz zu schweigen.

Die zukünftige Entwicklung der Erdölindustrie wird also im wesentlichen nicht vorwiegend von Fragen der Verfügbarkeit geprägt werden – politische Einflüsse mögen das Bild mitunter verzerren –, sondern von Fragen der Verwendung und Fragen des Einflusses auf unsere Lebensumstände.

## **I.3. Die wirtschaftliche Bedeutung der Erdöl- und Erdgasindustrie für Österreich**

von Helmut KRAMER

### **I.3.1. Zentrale Stellung in der Energieversorgung**

Die Verfügbarkeit von Energie in ausreichenden Mengen, in verbrauchsorientierter Strukturierung der Energieträger und zu kostengünstigen Preisen ist für eine moderne Volkswirtschaft ein zentrales Anliegen. Die internationalen Mechanismen der Energiemärkte wurden der Wirtschaft in den siebziger und achtziger Jahren in teils unerwartet drastischer Weise vor Augen geführt. Die Bedeutung einer gesicherten und kostengünstigen Energieversorgung ist daher auch für die Wirtschaftspolitik von gar nicht zu überschätzender Bedeutung. Manche Energieträ-

ger, darunter auch Erdöl und Erdgas stellen daneben auch wichtige Ausgangsstoffe für die Erzeugung chemischer Produkte dar, die gleichfalls aus der modernen Wirtschaft nicht wegzudenken sind.

Die österreichische Erdöl- und Erdgaswirtschaft stellt im Rahmen der österreichischen Energiewirtschaft zumindest quantitativ den bedeutendsten Sektor dar. Der gesamte energetische Endverbrauch des Landes wurde zu Beginn der neunziger Jahre zu rund 44,8 % durch Erdöl und Erdölprodukte und zu weiteren rund 16 % durch Erdgas gedeckt.

### I.3.2. Energetischer Endverbrauch Österreichs

Tabelle 1

	insgesamt	Basis Erdöl	Basis Erdgas	Erdgas %	
		%		%	
1975	661	347	53	97	15
1980	753	367	49	117	16
1981	712	332	47	107	15
1982	708	325	46	104	15
1983	696	313	45	101	15
1984	778	299	42	110	15
1985	749	313	42	118	16
1986	754	322	43	115	15
1987	771	325	42	120	16
1988	773	320	41	119	16
1989	776	317	41	122	16
1990	794	325	41	128	16
1991	846	354	42	140	17

Quelle: Wifo-Energiebilanzen  
Angaben in Petajoule (PJ); 1 PJ =  $10^{15}$  J;  
1 J = 0,238 cal

Die Bedeutung der Förderung inländischer Rohenergieträger am Gesamtenergieverbrauch ist seit den fünfziger und sechziger Jahren wegen der allmählichen Erschöpfung der inländischen Quellen relativ und absolut rückläufig. Bezogen auf alle Energieträger hat die österreichische Volkswirtschaft derzeit einen Selbstversorgungsgrad von rund einem Drittel. Der Selbstversorgungsgrad des Gesamtenergieverbrauchs aus Erdöl und Erdgas macht knapp 10 % aus. Bezogen auf den Verbrauch von Erdöl und Erdölprodukten können aus inländischen Quellen noch rund 13 %, vom Verbrauch an Erdgas noch rund 21 % gedeckt werden.

### I.3.3. Selbstversorgungsgrad aus Erdöl und Erdgas

Tabelle 2

	inländ. Erdöl u. Erdgas zusammen bezogen auf Gesamtenergieverbrauch %	Erdöl aus inländ. Förderung bezogen auf Erdölverbrauch %	Erdgas aus inländ. Förderung bezogen auf Erdgasverbrauch %
1975	20	20	57
1980	14	13	40
1981	12	13	32
1982	11	13	30
1983	11	14	27
1984	11	14	26
1985	10	14	22
1986	10	13	22
1987	9	12	22
1988	10	13	24
1989	10	13	24
1990	9	12	21
1991	9	13	21

Quelle: Wifo-Energiebilanzen

Die Bedeutung der inländischen Erdöl- und Erdgasindustrie geht heute und in Zukunft nicht mehr im gleichen Maß wie in den Nachkriegsjahrzehnten auf die Verfügbarkeit und Förderung bedeutender heimischer Rohenergiequellen zurück. Sie hat sich vielmehr seit Jahren umzuorientieren auf die sichere und kostengünstige Beschaffung der Rohenergieträger und teilweise auch von Produkten aus dem Ausland. Ihre Schlüsselrolle in der energetischen Versorgung der Volkswirtschaft hat sie damit nicht eingebüßt. Gerade in Zeiten, in denen die Weltmärkte auf kürzere und mittlere Sicht durch Überangebot gekennzeichnet sind, hat sie auch ihre Verantwortung für die langfristige Stabilität des Energieverbrauchs und für möglichst effiziente Einsatzmöglichkeiten der aufgegebenen Rohenergie wahrzunehmen.

### I.3.4. Wirtschaftliche Ergebnisse der Erdöl- und Erdgasindustrie

Die wirtschaftliche Situation der heimischen Erdöl- und Erdgasindustrie hängt mithin nicht nur von der Verfügbarkeit inländischer Rohstoffe, sondern auch vom Zugang zu ausländischen Quellen und von der Lage der internationalen Energiemärkte ab. Sie war in den letzten ein- und zwei Jahrzehnten in erster Linie von der internationalen Entwicklung der Rohölpreise und teilweise auch von Wechselkursveränderungen zwischen dem US-Dollar und dem Schilling geprägt.

#### I.3.4.1. Entwicklung des österreichischen Importpreises für Rohöl

Tabelle 3

Jahr	Schilling je Tonne
1970	504
1973	613
1974	1708
1975	1545
1976	1680
1977	1667
1978	1445
1979	2007
1980	3176
1981	4351
1982	4165
1983	4040
1984	4341
1985	4313
1986	1832
1987	1901
1988	1455
1989	1845
1990	2115
1991	1912
1992	1635

Quelle: ÖStZ Außenhandelsstatistik, SITC 333.

Der Rohölgestehungspreis dominiert verständlicherweise das wirtschaftliche Ergebnis der Branche und indirekt auch ihre Investitions- und Beschäftigungspolitik. Die Investitionen nahmen insbesondere in den späten siebziger Jahren erhebliche Teile des gesamten industriellen Investitionsvolumens Österreichs ein. Dies hing zwar nicht zuletzt mit dem wesentlich gestiegenen Öl- und Gaspreis zusammen,

doch war gerade angesichts dieser Tatsache Vorsorge zu treffen, daß die Verbraucher das nun deutlich teurere Produkt so effizient wie möglich in technischer wie in wirtschaftlicher Hinsicht angeboten bekommen konnten. Kostspielige Investitionen erfolgten seit damals vor allem auch in feste Verteilungsnetze für Erdgas sowie in die Raffinerie- und Verarbeitungsstruktur.

#### I.3.4.2. Wirtschaftliche Ergebnisse der Branche

Tabelle 4

	Brutto-Produktionswert <sup>1)</sup>	Netto-Produktionswert	Anlageinvestitionen
	Milliarden Schilling		
1970	8,4	2,7	1,0
1974	31,0	7,3	2,1
1979	40,8	8,6	3,7
1980	56,5	9,4	3,6
1981	73,9	12,4	3,0
1982	63,2	8,4	3,2
1983	56,0	8,7	1,9
1984	71,5	12,9	1,8
1985	72,4	10,3	2,0
1986	47,7	11,4	3,5
1987	43,9	12,3	5,8
1988	38,7	11,7	1,4
1989	41,7	11,8	1,5
1990	47,4	9,3	1,6

Quelle: ÖStZ Industriestatistik. Wifo.

<sup>1)</sup> einschl. MWSt- u. Mineralölsteuer

Vom gesamten industriellen Investitionsvolumen entfiel in der Zeit zwischen 1973 und 1979 regelmäßig mehr als 10 % auf die Erdöl- und Erdgasindustrie (1975: 17,5 %). Seither hat sich das inländische Investitionsvolumen dieser Branche in absoluten Werten mäßig, gemessen an der gesamten Industrie auf rund 2,5 % zurückgebildet.

Das ändert aber nichts daran, daß die Erdöl- und Erdgasindustrie zu den kapitalintensivsten Industriezweigen Österreichs zählt. Der Anteil der Beschäftigten an der Gesamtzahl der Industriebeschäftigten beträgt etwa 1 %, jener am Kapitalbestand zwischen 5 und 10 %.

### I.3.5. Beschäftigungsentwicklung

Tabelle 5

	Beschäftigte in der Erdölindustrie insgesamt	Anteil an der Industriebe- schäftigung in %
1970	7.950	1,26
1975	8.415	1,33
1980	8.752	1,41
1981	8.745	1,44
1982	8.524	1,46
1983	8.363	1,50
1984	8.004	1,44
1985	7.722	1,39
1986	7.456	1,35
1987	6.753	1,25
1988	6.233	1,14
1989	6.021	1,09
1990	5.879	1,05

Quelle: ÖStZ.

Im Gegensatz zur gesamten Industrie, in welcher die Beschäftigung im Jahre 1973 ihren Höhepunkt in der Nachkriegszeit erreichte, gestattete es die Lage auf den Energiemärkten in der Erdöl- und Erdgaswirtschaft noch eine Beschäftigungsausweitung, die erst nahezu 10 Jahre später kulminierte. Seither hat die Stagnation des Verbrauchs und die rückläufige Förderung tiefgreifende Rationalisierungsmaßnahmen erforderlich gemacht, die sich im Personalabbau niederschlugen.

### I.3.6 Perspektiven

Die tiefgreifenden Veränderungen auf den Weltenergiemärkten lösten nicht nur Rationalisierungsmaßnahmen und organisatorische Neuordnungen aus. Die österreichische Erdöl- und Erdgasindustrie hat angesichts der allmählich knapper werdenden inländischen Vorräte in die Exploration und Produktion im Ausland viel Kapital und Know-how investiert. Sie hat darüber hinaus speziell in die produktorientierte Forschung und Entwicklung Personal und Aufwand investiert, um sowohl wirtschafts- wie umweltgerechte Produkte anbieten zu können.

Die österreichische Wirtschaft und mit ihr jene aller anderen Industrieländer durchschreiten gegenwärtig eine Periode, in welcher die Energiemärkte entspannt

erscheinen und bestenfalls kurzfristige Preisanhebungen vollzogen werden können. Die Erdöl- und Erdgasindustrie darf sich nicht so kurzfristig orientieren, wie das vielleicht die Verbraucher aus wirtschaftlichen Erwägungen tun. Sie hat ihre Perspektiven auf eine Zukunft zu richten, in welcher weltweite Verbrauchszunahmen und geringe Kapazitätsausweitungen aus der Zeit niedriger Preise wieder zu einem massiven Energiepreisanstieg führen könnten. Wenn sie dann in der Lage ist, den Verbrauchern und Verarbeitern günstige Preise anzubieten, hat sie ihre zentrale Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit der Gesamtwirtschaft abermals unter Beweis gestellt.

## II.

# WISSENSCHAFTLICHE, TECHNISCHE UND RECHTLICHE GRUNDLAGEN DER ERDÖL- UND ERDGASGEWINNUNG

### Übersicht:

Im zweiten Hauptabschnitt werden in entsprechender Aufeinanderfolge die Kenntnisse und Tätigkeiten beschrieben, die zur Auffindung von Lagerstätten führen sollen. Weiters wird angegeben, welchen gesetzlichen Regelungen und Normen der Kohlenwasserstoffbergbau in Österreich unterliegt.

Abschnitt II.1: Grundlage jeder Suchtätigkeit nach KW-Lagerstätten ist die Frage, ob in einem bestimmten Gebiet KW überhaupt entstehen können, bzw. welche Voraussetzungen gegeben sein müssen, um eine Suche zu rechtfertigen. W. LADWEIN und F. SCHMIDT geben eine Darstellung über die Entstehung der organischen Substanzen, deren Umwandlung unter Wärmeeinfluß im Sedimentgestein (Muttergestein) zu KW bis zur Füllung von Speichergesteinen in geologischen Fallen und damit der Bildung einer KW-Lagerstätte. Es ist dies die heute schon gut erforschte Reihenfolge geologischer, physikalischer und geochemischer Prozesse. Dabei zeigt es sich, daß sehr strenge Bedingungen vorliegen, so daß eben nur ein Bruchteil der ursprünglich vorhandenen organischen Substanz uns heute als Inhalt einer Lagerstätte begegnen kann. Die geochemischen Veränderungen, welche die KW, beginnend mit der Ausstoßung aus dem Muttergestein über die komplizierten Wanderwege bis zur Lagerstätte und in der Lagerstätte selbst erleiden, erklären, warum es von Lagerstätte zu Lagerstätte Unterschiede in der Zusammensetzung der KW gibt. Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, daß die laienhaften Vorstellungen über unterirdische „Ölseen“ oder „Öladern“ reine Phantasieprodukte sind, besonders wenn man weiß, daß in zehntausenden Bohrungen auf der ganzen Welt niemals so etwas gefunden wurde, sondern KW entweder im

Porenraum oder im Feinkluftraum zumeist von Ablagerungsgesteinen angetroffen wurden. H. BUCHTA ergänzt obige Artikelserie durch die Beschreibung der in gewaltigen Mengen in porösen oder feinklüftigen Untergrundgesteinen auftretenden mehr oder weniger salzigen Wässer, die oft gleichzeitig mit den KW entstanden sind. Schließlich stellt G. SCHRÖCKENFUCHS dar, daß diese Wässer in ruhende sowie bewegte zu trennen sind und was dies für die Wanderung, Lagerstättenbildung und Förderung von KW bedeutet. Regionale Gesetzmäßigkeiten für die Entstehung von KW und die Ansammlung zu nutzbaren Lagerstätten werden von F. BRIX beschrieben. Der Einfluß der Plattentektonik, die Produktion organischer Substanzen, Sedimentations- und Reifeprozesse, Aufstiegswege für KW, die Bildung von Speichergesteinen und KW-Fallen, die Verteilung der Weltreserven an Öl und Gas werden geschildert sowie mit den geologischen Gegebenheiten unserer Erde und der Erdgeschichte in Zusammenhang gebracht. Damit sind jene Grundlagen gegeben, die Schlußfolgerungen für die Prospektionsplanung ermöglichen.

Abschnitt II.2: Nachdem nun die Voraussetzungen bekannt gemacht wurden, wie KW entstehen und wo sie sich bevorzugt ansammeln, wird in diesem Abschnitt gezeigt, welche geowissenschaftlichen Methoden angewendet werden, um jene Bereiche eingrenzen zu können, in denen mit erhöhter Wahrscheinlichkeit Erdöl- und Erdgaslagerstätten auftreten werden. Dieser Arbeitsbereich beginnt mit der Erfassung und Untersuchung von Öl-, Gas- und Salzwasseraustritten an der Erdoberfläche (F. BRIX). Für jede Prospektion unentbehrlich ist sodann eine möglichst umfassende Erforschung und Darstellung der

geologischen Gegebenheiten an der Erdoberfläche durch geologische Karten und Schnitte, wobei sowohl die direkte Geländekartierung wie auch die Auswertung von Luft- und Satellitenbildern eingesetzt werden (F. BRIX). Die Summe dieser Ergebnisse bildet wiederum die Grundlage für die Planung und Ausführung geophysikalischer Geländearbeiten (F. WEBER, E. STRÖBL, K. MAUVE, A. KRÖLL und D. ZYCH). Dabei ist zwischen seismischen und nichtseismischen Methoden zu unterscheiden, die alle von der Erdoberfläche aus betrieben werden. Die nichtseismischen Methoden (Gravimetrie, Magnetik, Radiometrie, Geoelektrik einschließlich Tellurik und Magnetotellurik) sind kostengünstiger und rascher ausführbar, sie liefern aber für die KW-Prospektion nur grobe Anhaltspunkte. Die seismischen Methoden sind teuer und nehmen mehr Zeit in Anspruch, sie bringen aber sehr wesentliche Erkenntnisse über den Schichtaufbau sowie über geologische Strukturen und deren Tiefenlage in einem Prospektionsgebiet.

Die Erkenntnissumme aller geologischen und geophysikalischen Arbeiten liefert wiederum die Basis für spezielle geochemische Oberflächenuntersuchungen, mit denen bestimmte Aussagen oder Prognosen der Geologen und Geophysiker noch untermauert werden können (F. SCHMIDT). Schließlich ist man bei der Endphase der Prospektionsarbeiten angelangt und es geht um die Festlegung von Bohrpunkten. Tiefbohrungen sind im Vergleich mit den vorher genannten Methoden wesentlich kostspieliger. Deshalb werden neue Bohrpunkte sehr gewissenhaft vorbereitet und aus einem Projektinventar nach wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und umweltpolitischen Gesichtspunkten ausgewählt. Liegt ein Bohrprojekt fest, so müssen zur Bohrvorbereitung weitere Bedingungen erfüllt werden, wie z. B. Vereinbarungen mit den Grundeigentümern, die Erstellung eines detaillierten geologisch-technischen Bohrplanes und die bergbehördlichen Genehmigungsverfahren. Nach Adaptierung des Bohrplatzes und der Errichtung der Bohranlage sowie der Erteilung der Betriebsbewilligung kann dann

mit dem Abteufen der Tiefbohrung begonnen werden (O. MALZER).

Jedes Bohrprojekt muß aber, bevor es realisiert werden kann, zusätzlich einer strengen Risikobewertung unterworfen werden, da gerade bei so teuren Investitionen die Wirtschaftlichkeit eine bedeutende Rolle spielt (W. REMPEL).

Abschnitt II.3: Sind die juristischen, geologischen, technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen gegeben, kommt es zur Phase der Aufschließung einer vermuteten Lagerstätte durch eine Tiefbohrung, deren technischer Ablauf geschildert wird. Die moderne Bohrtechnik ist in der Lage, Bohrlöcher bis in große Tiefen auszuführen. Sowohl der eigentliche Bohrvorgang wie mögliche Komplikationen und Bohrlochablenkungen werden beschrieben (H. SPÖRKER).

Eine so umfangreiche Investition erfordert eine entsprechende Betreuung und Überwachung durch Bohr- und Spülungstechniker, Geologen, Lagerstätteningenieure und Bohrlochgeophysiker. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Erfassung der geowissenschaftlich-technischen Daten sowie sonstiger Informationsquellen (F. BRIX). Heute unerlässlich ist die Ausführung geophysikalischer Bohrlochmessungen über die ganze durchbohrte Strecke mit sehr verschiedenartigen Meßverfahren (Sz. HORVATH). Diese Verfahren machen spezifische Auswertungen nötig, wobei aber sehr viele geologisch und technisch relevante Daten gewonnen werden (A. KREMSER & F. BRIX). Durch die Summe all der genannten Beobachtungen sowie Meß- und Auswertungsergebnisse ist die Gewähr einer optimalen Datenerfassung gegeben. Damit ist auch erreicht, daß neben der präzisen Erfassung der Schichtfolge vorhandene Öl- und/oder Gaslagerstätten erkannt und geprüft werden können.

Die beim Abteufen einer Bohrung anfallenden Gesteins-, Flüssigkeits- und Gasproben sind unentbehrliche Datenträger und ergänzen die oben genannten Informationen in idealer Weise. Sowohl am Bohrplatz selbst, aber vor allem in einem speziell ausgestatteten Labor werden diese Proben untersucht. Paläontologische, petrologische, gesteinsphysikalische und

geochemische Analysen sind das Ergebnis dieser Arbeiten (H. BUCHTA, R. FUCHS, H. HAWLE und R. SAUER).

Das große Tätigkeitsfeld des Lagerstättentechnikers umfaßt u. a. die Prüfung von Gesteinskörpern auf das Vorhandensein von Öl, Gas oder Wasser sowie Aussagen über die Wirtschaftlichkeit einer gefundenen Lagerstätte. Weiters gehören Angaben über den Gesamtvorrat und die Förderrate sowie Hinweise über eine mögliche Verbesserung der Förderrate dazu. Die unterirdische Speicherung von importiertem Erdgas in ausgeförderten, alten Lagerstätten ist ein weiterer Wirkungsbereich der Lagerstättentechniker (H. MURER).

Die bei der Aufschließung gewonnenen Daten und Erkenntnisse müssen sowohl für die Bergbehörde und die Geologische Bundesanstalt sowie für die Ölgesellschaften in entsprechenden Berichten festgehalten werden, um jederzeit auf diesen Datenschatz zurückgreifen zu können. Diese Berichte dienen auch als Nachweis für die durchgeführten Arbeiten. Von Bedeutung sind jene Schlußfolgerungen, die für bestimmte Gebiete weitere Tätigkeiten entweder als empfehlenswert oder nicht ratsam erscheinen lassen (F. BRIX).

Abschnitt II.4: Ist eine Bohrung als wirtschaftlich fündig erkannt, so setzen bestimmte Maßnahmen ein, die nach dem jeweiligen Stand der Technik eine optimale Förderung gewährleisten sollen. Die Öl- und Gasförderung beginnt mit der Herstellung einer Verbindung des KW-führenden Gesteins durch den Zementmantel und die Verrohrung mit der Fördersonde. Da die Zufluß- und Druckverhältnisse von Ölträgern verschieden sein können, werden die Methoden beschrieben, wie unter den jeweiligen Bedingungen eine Ölförderung zustande kommt und was mit dem Fördergut (Öl, Wasser, Feststoffe) anschließend geschieht (E. GROSS). Die Technik der Gasförderung weicht entsprechend den physikalischen Eigenschaften von Erdgas in einigen Punkten von der Ölförderung ab. Es wird beschrieben, welche Tätigkeiten bei normalen und abnormalen Drücken bzw. bei Vorliegen von Sauer gas (Methan mit H<sub>2</sub>S und/oder CO<sub>2</sub>) bei der Förderung und Aufbereitung auszuführen

sind, um ein verkaufsfähiges Produkt zu erhalten. Die große Bedeutung der Speicherung von Erdgas wird dargestellt, weil bei regelmäßiger Förderung und laufenden Importen stark schwankende Verbrauchsmengen im Sommer-Winterzyklus zu liefern sind (R. SAFOSCHNIK).

Die bei der Öl- und Gasförderung nötigen begleitenden geologischen Aufgaben, wie die Weiterentwicklung von Öl- und Gasfeldern, die Erfassung aller relevanten Lagerstättendaten und deren Darstellung sowie die laufende Betreuung der Felder gehören zum Arbeitsbereich der Produktionsgeologie (L. PONGRACZ).

Der notwendige Nah- und Ferntransport von Öl und Gas über verschiedene Transportwege und mit verschiedenen technischen Einrichtungen bildet den Abschluß dieser Artikelserie (R. SAFOSCHNIK).

Abschnitt II.5: Die Gesetze und Verordnungen, die den KW-Bergbau in Österreich betreffen, können dieser Übersicht entnommen werden (K. MOCK). Die vom Österreichischen Normungsinstitut für bestimmte Bereiche aufgestellten Normen werden kurz vorgestellt und Hinweise gegeben, wo weitere Angaben zu erhalten sind (F. BRIX).

Es folgt nun eine Literaturliste, die wichtige, größere Publikationen (Bücher und ausführliche Artikel) über die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen der KW-Exploration und KW-Gewinnung enthält. Diese Liste soll den fachlich interessierten Lesern zur weiteren Vertiefung in die genannten Fachgebiete dienen.

Literaturauswahl zum „Überblick“ von Hauptabschnitt II:

ALLEN, Ph. A. & ALLEN, J. R. 1990; ANDERSON, G. 1975; ANSTEY, N. A. 1976; BECKMANN, H. 1976; BECKMANN, H. et al. 1984; BENDER, F. 1981-1986; BETZ, D. 1990; CHAPMAN, R. E. 1976; DAHLBERG, E. C. 1982; Deutsche BP – AG. 1989; DICKEY, P. A. 1981; DICKINSON, W. R. & YARBOROUGH, H. 1977; DOHR, G. 1974; DRESEN, L. et al. 1985; DÜRBAUM, H.-J. & FRITSCH, J. 1985; ENGELHARDT, W. v. 1973; FAYERS, F. J. 1981; FERTL, W. H. 1981; FRIEDMAN, G. M. & SANDERS, J. E. 1978; FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G. 1977; GWINNER, M. P. 1965; HAHN, A. et al. 1985; HALBOUTY, M. T. 1980; HALBOUTY,

M. T. et al. 1970; HEDBERG, H. D. 1982; HUNT, J. M. 1979; KÄGLER, S. 1987; KAUFMANN, A. A. & KELLER, G. V. 1981; KEAREY, Ph. & VINE, F. J. 1990; KLEMMER, H. D. 1980a und 1980b; KRONBERG, P. 1984 und 1985; LANGGUTH, H.-R. & VOIGT, R. 1980; LEVORSEN, A. I. 1967; LOGIGAN, St. 1955; MAYER, F. 1982; MAYER-GÜRR, A. 1976; MEINHOLD, R. & PÄTZ, H. 1978; MILITZER, H. & WEBER, F. 1984, 1985 und 1987; MÜHLFELD, R. et al. 1981; MUNDRY, E. et al. 1985; NEUMANN, H. J. 1981c; NEWENDORP, P. D. 1980; NIENHUIS, P. H. 1981; NORTH, F. K. 1985; ÖMV AG. – Öffentlichkeitsarbeit 1988; OSTROFF, A. G. 1979; PERRODON, A. 1983; PERRODON, A. & MASSE, P. 1984; PETRASCHECK, W. E. &

POHL, W. 1982; PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E. & SIEVER, R. 1973; PIRSON, S. J. 1977; POTTER, P. E. & PETTIJOHN, F. J. 1977; PREUL, F. 1969; PRICE, L. C. 1976; REINECK, H.-E. & SINGH, I. B. 1980; ROMANKEVICH, E. A. 1984; SCHEIDEGGER, A. E. 1974 und 1976; SCHOTT, W. 1968, 1984b, 1984c, 1984d und 1984e; SCHOTT, W. & MAYER-GÜRR, A. 1968; SCHOWALTER, T. T. 1979; SEIBOLD, E. & BERGER, W. H. 1982; SIEGEL, F. R. 1974; SPÖRKER, H. 1982; TIRATSOO, E. N. 1976; TISSOT, B. P. & WELTE, D. H. 1984; TOLLMANN, A. 1978; WEGGEN, K., DOHR, G. & WELTE, D. H. 1980; WELTE, D. H. 1989; WELTE, D. H. et al. 1982; WILSON, J. L. 1975; ZIMMERLE, W. 1985.

## II.1. Bildung und Geochemie von Kohlenwasserstoffen sowie deren Anreicherung zu nutzbaren Lagerstätten

### II.1.1. Die Entstehung von Kohlenwasserstoffen

von Werner LADWEIN und Franz SCHMIDT

#### II.1.1.1. Der Kohlenstoffkreislauf

Der Gesamt-Kohlenstoff der Erde kann vereinfacht in einem großen Kreislauf dargestellt werden (Abb. 1). Nur etwa 20 % des Kohlendioxides ( $\text{CO}_2$ ) werden in photosynthetischen Prozessen verbraucht. Mit  $\text{CO}_2$ , Wasser und Sonnenlicht wird durch die Photosynthese organisches Material aufgebaut. Diese riesigen Mengen an

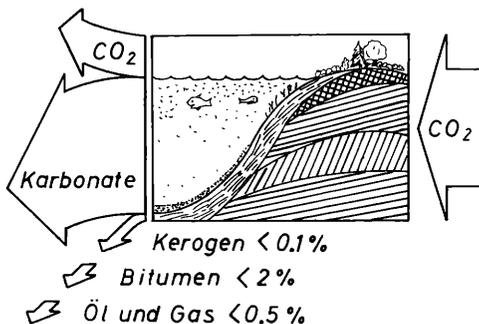


Abb. 1. Kohlenstoffkreislauf: Von jeweils 50 Millionen Kohlenstoffatomen im Kreislauf ist nur ein einziges in Öl- oder Gaslagerstätten wiederzufinden.

organischem Material (ca. 100 000 000 000 Tonnen pro Jahr) werden fast durchwegs wieder organisch abgebaut und oxidiert. Nur ein Tausendstel (0,1 %) entgeht diesem Abbau und wird in Sedimenten so erhalten, daß Kerogen daraus gebildet werden kann. Kerogen stellt das Ausgangsmaterial für die Kohlenwasserstoffgenese im engeren Sinn dar. Aus dem Kerogen wird auch das Bitumen gebildet. Bitumen ist das in organischen Lösungsmitteln lösliche organische Material, wohingegen Kerogen selbst nicht löslich ist. Bitumen geht zu etwa 2 % aus dem Kerogen hervor. Von diesem Bitumen gelangen wiederum nur etwa 0,5 % als Öl und Gas in Speicheresteine. Weit aus größere Mengen von Kohlenwasserstoffen werden durch den Reifungsprozeß des Kerogens gebildet.

#### II.1.1.2. Muttergesteine

Um aus organischem Material Öl oder Gas entstehen zu lassen, bedarf es bestimmter Voraussetzungen: